



## XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

### **CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E VARIABILIDADE MENSAL DA PRECIPITAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO PELOTAS, SUL DO RIO GRANDE DO SUL**

*Sarah Veeck<sup>1</sup> & Hugo A. S. Guedes<sup>2</sup>*

**RESUMO** – A bacia hidrográfica do Arroio Pelotas (BHAP) é a de maior área territorial dentro do município de Pelotas, sul do Rio Grande do Sul, constituindo-se em um importante manancial de água doce. O presente trabalho objetivou caracterizar morfometricamente e estudar a variabilidade espacial e temporal de precipitação na BHAP. Utilizou-se o software ArcGIS 10.0, a base de dados espacial da missão ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) e os dados de precipitação fornecidos pela Agência Nacional de Águas - ANA. As principais características morfométricas da bacia foram: área (901,58 km<sup>2</sup>), perímetro (234,81 km), coeficiente de compactidade (2,19), fator de forma (0,26), densidade de drenagem (1,04 km km<sup>-2</sup>) e índice de sinuosidade (1,20). O estudo de precipitação mostrou que os menores valores de precipitação média ocorrem nos meses de Abril (118,17 mm), Maio (116,45 mm) e Novembro (111,23 mm), enquanto que os meses de Fevereiro (143,93 mm), Julho (161,27 mm) e Setembro (143,36 mm) os de maiores valores de precipitação média. A partir dos resultados pode-se concluir que a bacia apresenta precipitação bem distribuída, sendo pequena sua variabilidade mensal e, não é propensa a enchentes de grande magnitude em condições normais de precipitação.

**ABSTRACT**– The Arroio Pelotas watershed is the largest territory area in the Pelotas city, southern Rio Grande do Sul, thus becoming an important freshwater source. The present study aimed to characterize morphometric and to study the spatial and temporal precipitation variability in Arroio Pelotas watershed. Was used ArcGIS 10 software, the spatial database of the mission ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) and rainfall data provided by the National Water Agency. The main morphometric characteristics of the basin were: area (901.58 km<sup>2</sup>), perimeter (234.81 km), compactness coefficient (2.19), shape factor (0.26), drainage density

<sup>1</sup> Acadêmica de Eng° Civil, Centro de Engenharias, UFPEL, Pelotas – RS, Fone: (0XX55) 8112.8842, sarah\_veeck@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Eng° Civil, Prof. Doutor, Dept° de Engenharia Civil, CEng/UFPEL, Pelotas – RS, Fone (0XX53813.36885, hugo.guedes@ufpel.edu.br

(1.04 km km<sup>-2</sup>) and sinuosity index (1.20). The precipitation study showed that the lowest average precipitation values occurs in the months of April (118.17 mm), May (116.45 mm) and November (111.23 mm), while the months of February (143.93 mm), July (161.27 mm) and September (143.36 mm) of the highest average precipitation values. From the results it can be concluded that the basin has well distributed rainfall, with a small monthly variability and isn't prone to floods of great magnitude in normal precipitation.

**PALAVRAS-CHAVE** – bacia hidrográfica; precipitação; recursos hídricos.

## 1. INTRODUÇÃO

A hidrologia é o campo responsável pelo estudo dos fenômenos que determinam a ocorrência distribuição e circulação da água na Terra, bem como suas propriedades físicas, químicas, e sua relação com o meio ambiente; estando as bacias hidrográficas, que são áreas drenadas por um curso d'água ou um sistema conectado de cursos, de forma que toda a vazão efluente seja descarregada em uma saída, intimamente ligadas ao estudo da hidrologia (Tucci, 2004).

A caracterização morfométrica é fundamental para o conhecimento da área em estudo, pois torna possível o acompanhamento das mudanças antropogênicas e a resposta da natureza as mesmas, sendo a delimitação das bacias um dos primeiros procedimentos a ser realizado em análises hidrológicas e/ou ambientais. Para isso, é comum utilizarem-se informações de relevo em formato analógico, como mapas e cartas, o que compromete a confiabilidade e a reprodução dos resultados devido à carga de subjetividade inerente aos métodos manuais (Mendes e Cirilo, 2001).

Processos hidrológicos, como a chuva, apresentam grande aleatoriedade e oscilação temporal, dificultando previsões em longo prazo. Esta variabilidade climática ameaça a disponibilidade de água em muitas regiões do planeta, afetando além do abastecimento doméstico, agrícola e industrial, também a segurança e a qualidade dos ambientes naturais, com consequente declínio da qualidade da água. Não obstante, a extensão e a frequência dos impactos globais são pouco conhecidas em escalas regionais, e seus efeitos podem variar em função das características hidrológicas locais (Nimer, 1989; Britto *et al.*, 2006).

Com a evolução dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), que englobam uma combinação de tecnologias que vão desde o sensoriamento remoto e geoprocessamento até o GPS (*Global Positioning System*), os Modelos Digitais de Elevação (MDE) e os Modelos Digitais de Elevação Hidrograficamente Condicionados (MDEHC), oportunizaram mapeamentos e caracterizações com considerável aumento de confiabilidade (Guedes e Silva, 2012).

Objetivou-se neste trabalho a geração do MDEHC da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas (BHAP), localizada no extremo sul do estado do Rio Grande do Sul, a partir de dados orbitais e técnicas de geoprocessamento e, o estudo da variabilidade espacial e temporal de precipitação, permitindo futuramente analisar os efeitos das mudanças climáticas no regime de chuvas e os índices que possam contribuir na análise do comportamento hidrológico, bem como ser base para futuros trabalhos de gestão de recursos hídricos e ambientais.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do Arroio Pelotas (BHAP), localizada entre as coordenadas geográficas 31°23'36" a 31°48'49" Sul e 52°12'24" a 52°38'27" Oeste, no estado do Rio Grande do Sul, abrange parte dos municípios de Pelotas, Canguçu, Morro Redondo e Arroio do Padre. Seu principal canal fluvial, o Arroio Pelotas, tem aproximadamente 85 km de extensão e subdivide-se em quatro principais tributários, os arroios Andrade, Cadeia, Caneleiras e Quilombo.

Para a geração do Modelo Digital de Elevação Hidrograficamente Condicionado (MDEHC) da BHAP foram utilizados os dados presentes na base da missão ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*), disponibilizada gratuitamente junto à plataforma ASTER GDEM, no endereço eletrônico <<http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/index.jsp>>. A cena empregada no estudo, com resolução espacial de 30 metros e elipsoide de referência WGS84, foi a ASTGTM\_S31\_W052\_dem.

Apesar de a plataforma ASTER GDEM disponibilizar o Modelo Digital de Elevação (MDE), fica a cargo do analista GIS converter o mesmo em um MDEHC através de uma série de operações executadas no software de geoprocessamento. O software utilizado no estudo em questão foi o ArcGIS 10.

Após o refinamento do MDE a fim de transformá-lo no MDEHC, a bacia hidrográfica do Arroio Pelotas foi delimitada automaticamente no formato matricial, sendo posteriormente convertida para o formato vetorial, a fim de determinar os seguintes índices morfométricos: área de drenagem (A); perímetro (P); comprimento total dos cursos d'água (Lt); comprimento do rio principal (Lp); coeficiente de compacidade (Kc); fator de forma (Kf); densidade de drenagem (Dd); índice de sinuosidade (Is); declividade (D); amplitude altimétrica ( $\Delta H$ ); relação do relevo (Rr); e ordem dos cursos d'água (Strahler, 1957).

Após a determinação dos índices morfométricos, partiu-se para o estudo de pluviosidade na BHAP através de mapas gerados com os dados de precipitação média mensal disponibilizados na plataforma Hidroweb, no endereço eletrônico <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> (Tabela 1), junto a base

de dados da Agência Nacional de Águas – ANA (Figura 1). Quatro estações pluviométricas localizadas ao redor da BHAP tiveram os dados analisados num período de 28 a 41 anos, os quais foram interpolados através do método IDW (*Inverse Distance Weighting*), do software ArcGIS 10.

De acordo com Wei e McGuinness (1973), o método de interpolação IDW é uma ferramenta de análise espacial que assume que cada amostra de ponto tem uma influência local que diminui com a distância. Este método admite que os pontos mais próximos para o processamento da célula influenciam mais fortemente que aqueles mais afastados. O uso do interpolador IDW é indicado quando a variável a ser mapeada diminui com a distância na localização amostrada.

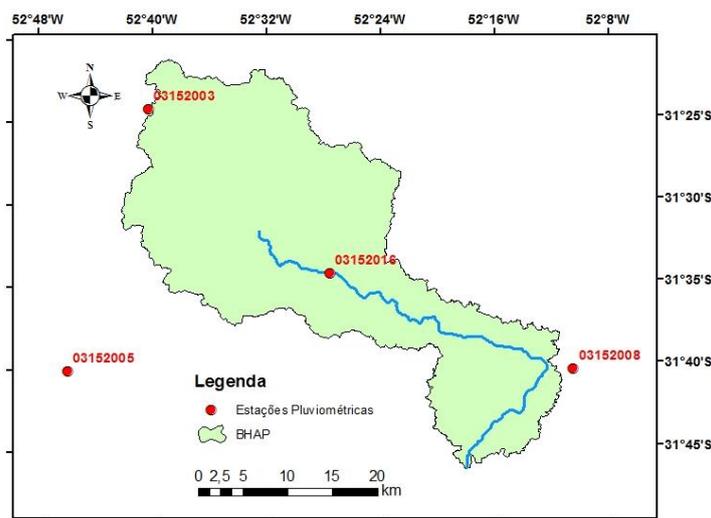


FIGURA 1. Distribuição espacial das estações pluviométricas utilizadas no estudo.

TABELA 1. Características gerais das estações pluviométricas utilizadas no estudo

Estação	Código	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período-base (anos)
Ponte Cordeiro de Faria	03152016	-31°34'26"	-52°27'47"	40	41
Granja São Pedro	03152008	-31°40'22"	-52°10'40"	3	40
Canguçu	03152003	-31°24'16"	-52°40'24"	400	40
Vila Freire	03152005	-31°40'10"	-52°46'22"	250	28

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bacia hidrográfica do Arroio Pelotas apresenta uma variância de 1,0 m a 504,0 m, desde a foz do curso d'água até próximo ao divisor topográfico localizado no município de Canguçu (Figura 2).

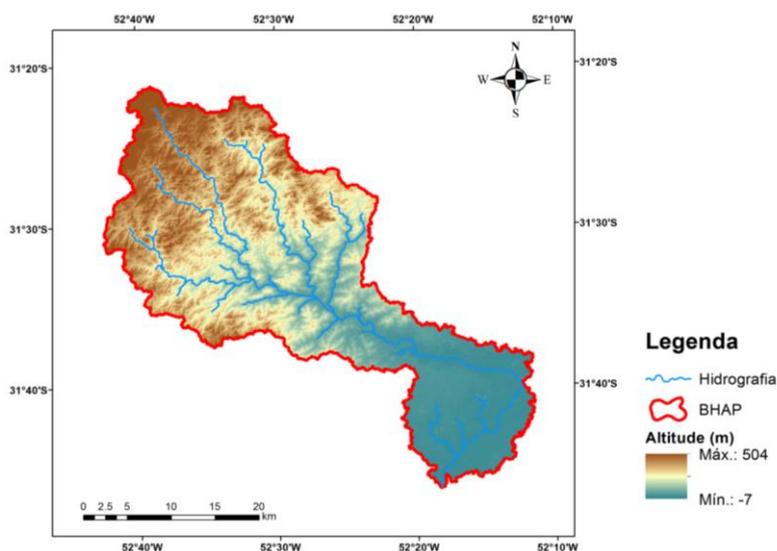


FIGURA 2. MDEHC gerado para a Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas com base em dados de sensor remoto.

Após a geração do MDEHC, a bacia foi caracterizada morfometricamente a fim de observar possíveis tendências a inundações em eventos normais de precipitação (Tabela 2).

TABELA 2. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas.

Características Morfométricas	BHAP
Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	901,58
Perímetro (km)	234,81
Comprimento axial (km)	59,00
Comprimento total dos cursos d'água (km)	935,30
Comprimento do rio principal (km)	60,39
Coefficiente de compacidade	2,19
Fator de forma	0,26
Densidade de drenagem (km km <sup>-2</sup> )	1,04
Índice de sinuosidade	1,20
Ordem dos cursos d'água	5 <sup>a</sup>
Amplitude altimétrica (m)	503
Relação do relevo	8,33
Declividade máxima (%)	95,69
Declividade média (%)	11,69
Declividade mínima (%)	0,00

A partir dos valores encontrados para coeficiente de compacidade (2,19) e fator de forma (0,26), pode-se concluir que a bacia dispõe de formato alongado, não sofrendo assim com inundações em eventos de precipitação normal. De acordo com Villela e Matos (1975), bacias mais propícias a inundações próximo ao seu exutório são caracterizadas por valores de fator de forma e coeficiente de compacidade próximos à unidade, indicando sua circularidade.

Na bacia em questão, o baixo valor de densidade de drenagem observado propicia a uma interpretação de que grande parte da chuva precipitada na mesma é infiltrada, além do mais, bacias com grande ramificação dos cursos d'águas tendem a ter uma maior eficácia em seu sistema de drenagem. Mesmo apresentando alta ramificação (5ª ordem), ao compararmos com sua área de drenagem, a BHAP mostra-se uma bacia com baixa densidade de rios.

O índice de sinuosidade encontrado (1,20) caracteriza uma moderada velocidade da água no rio principal, de acordo com (Villela e Mattos, 1975). Entretanto, apesar dos valores obtidos no estudo, a percepção que se tem na prática é outra, o fluxo de água é muito baixo devido à pequena declividade da bacia (11,69%).

Em análises da BHAP, Megiato e Koester (2009) verificaram que em média 60% da área da mesma possui relevo plano à suave. Ao compararmos o presente trabalho com o apresentado por Beskow *et al.* (2010), nota-se que o valor obtido para a declividade média da bacia é o mesmo (11,19%), sendo a base de dados utilizada por Beskow *et al.* (2010) as cartas topográficas fornecidas pelo Laboratório de Planejamento Ambiental da EMBRAPA Clima Temperado (Pelotas, RS). Ademais, os autores consideraram o início da bacia na Ponte Cordeiro de Farias, diferentemente do trabalho em questão. Assim, alguns valores morfométricos apresentam divergências, como área (369,2 km<sup>2</sup>), perímetro (144,1 km) e densidade de drenagem (1,86 km km<sup>-2</sup>); enquanto que outros apresentam mesma ordem de grandeza como fator de forma (0,39), coeficiente de compacidade (2,1) e ordem dos canais (5ª).

Ao mesmo tempo, no que se refere aos dados de precipitação na BHAP, pode-se dizer que a precipitação média registrada na mesma concentra-se em sua cabeceira, sendo o volume precipitado mais considerável localizado próximo ao exutório. Os meses de Abril (118,17 mm), Maio (116,45 mm) e Novembro (111,23 mm) registram os menores valores de precipitação média, enquanto que os meses de Fevereiro (143,93 mm), Julho (161,27 mm) e Setembro (143,36 mm) os maiores valores (Tabela 3).

Em geral, a precipitação na bacia, assim como no estado do Rio Grande do Sul (Nimer, 1989) é bem distribuída, sendo os meses de Novembro e Julho os que possuem, historicamente, o menor e o maior valor médio de precipitação, respectivamente. Esses resultados comprovam como a dinâmica climática é diferente nas diferentes regiões do Brasil. Logo, percebe-se que as bases de

dados e o software utilizado pelo analista GIS, além de sua perícia na consistência dos dados influenciam nos resultados finais; percebe-se a importância da realização de um maior número de modelos e comparações, visando a determinação com maior precisão das características da bacia.

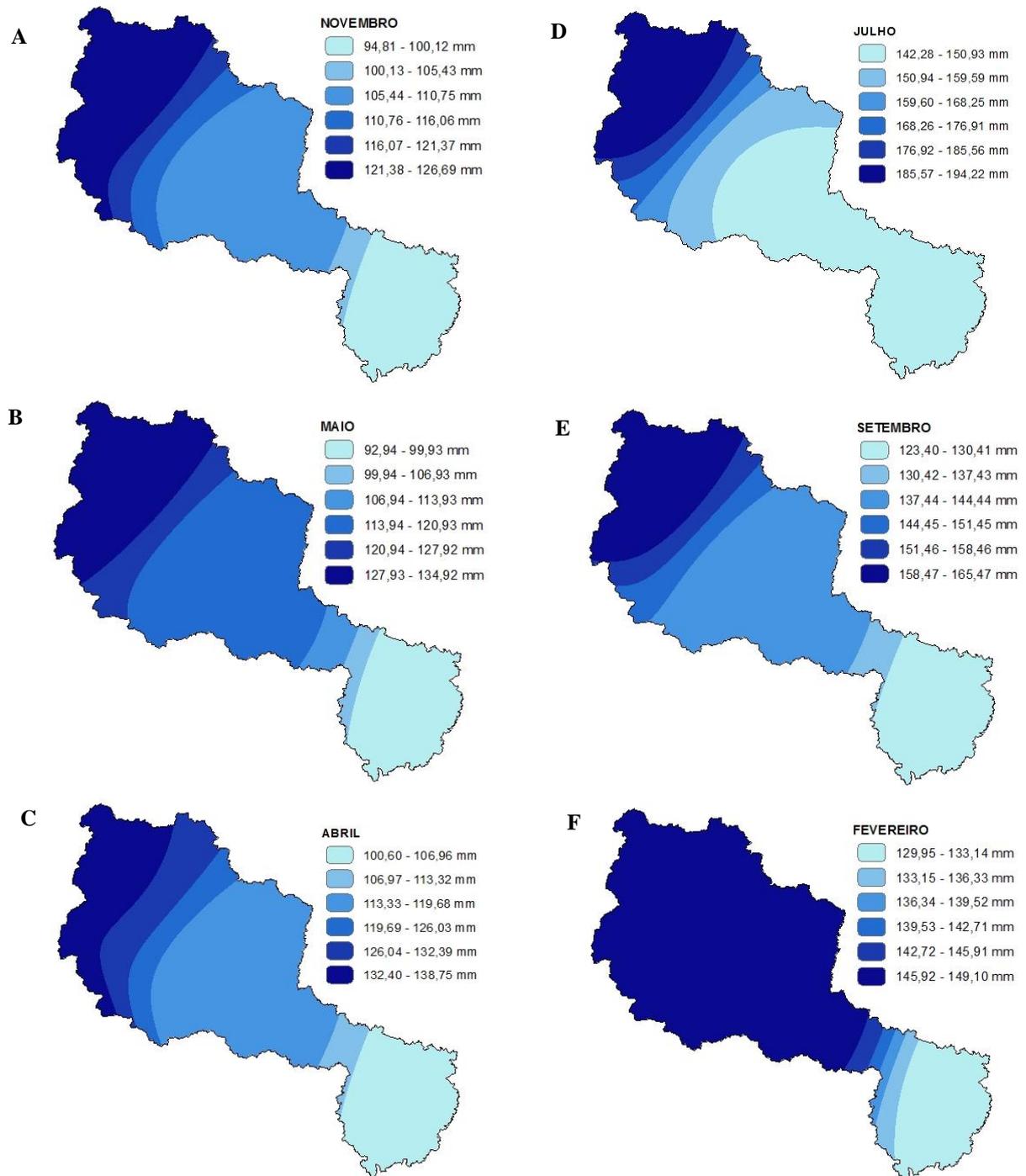


FIGURA 3. Distribuição espacial e temporal de precipitação na BHAP, considerando: meses menos chuvosos (A, B e C); e meses mais chuvosos (D, E, F).

TABELA 3. Precipitação média mensal na bacia do Arroio Pelotas

Mês	Precipitação máxima (mm)	Precipitação mínima (mm)	Precipitação média (mm)	Desvio padrão
Janeiro	152,53	101,39	124,20	16,58
Fevereiro	149,10	129,95	143,93	6,38
Março	129,53	105,90	120,59	7,42
Abril	138,75	100,60	118,17	10,87
Maiο	134,92	92,94	116,45	13,22
Junho	153,02	108,37	128,56	14,59
Julho	194,22	142,28	161,27	18,28
Agosto	139,56	108,59	126,18	9,53
Setembro	165,47	123,40	143,36	13,41
Outubro	145,38	105,42	122,96	13,13
Novembro	126,69	94,81	111,23	10,38
Dezembro	132,13	102,27	120,74	9,33

#### 4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos conclui-se que:

- o uso de imagens ASTER e os dados fornecidos pela base de dados da ANA foram adequados na geração de resultados satisfatórios, sendo próximos aos encontrados em cartas topográficas;
- a bacia hidrográfica do Arroio Pelotas apresenta precipitação bem distribuída, sendo pequena sua variabilidade mensal; e
- as metodologias empregadas para gerar o MDEHC, mapas de pluviosidade e caracterizar morfometricamente a BHAP comprovaram sua eficiência, podendo ser aplicadas seja qual for a bacia hidrográfica além do que, o software utilizado é eficiente e de fácil manuseio, sendo aconselhado seu uso no estudo de outras áreas.

#### AGRADECIMENTOS:

Os autores gostariam de agradecer à instituição CNPq que viabilizou financeiramente a realização desse trabalho.

## BIBLIOGRAFIA

- BESKOW, S.; COELHO, G.; TIMM, L. C.; TAVARES, V. E. Q.; DAMÉ, R. C. F. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Arroio Pelotas (RS): base para estudos hidrológicos. In: XXXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. 2010. Vitória, ES. *Anais...* 1 CD-ROM.
- BRITTO, F.; BARLETTA, R.; MENDONÇA, M. Regionalização sazonal e mensal da precipitação pluvial máxima no estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.02, n. 02, p. 35-51. 2006.
- BRITTO, F. P.; BARLETTA, R.; MENDONÇA, M. Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul: Influência do Fenômeno El Niño Oscilação Sul. *Revista Brasileira de Climatologia*. 2008. p. 37-48.
- GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D. Comparison between hydrographically conditioned digital elevation models in the morphometric characterization of watersheds. *Engenharia Agrícola*, v.32, p. 932-943. 2012.
- NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. Secretaria de planejamento da presidência da república. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, Rio de Janeiro, 1989. 422p.
- MEGIATO, E. I.; KOESTER, E. Geoprocessamento aplicado ao estudo da bacia hidrográfica do Arroio Pelotas. In: 12º ENCUENTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA. 2009. Montevideo, UY. *Anais...* 1 CD-ROM.
- MENDES, C. A. B.; CIRILO, J. A. *Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios e aplicação*. 1 ed. Porto Alegre, ABRH, 2001. 536p.
- STRAHLER, A.N. *Quantitative analysis of watershed geomorphology*. New Halen: Transactions: American Geophysical Union, 1957. v.38. p. 913-920.
- TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Editora UFRGS. 2004. 943 p.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. *Hidrologia Aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.
- WEI, E. C.; MCGUINNESS, J. L. *Reciprocal distance squared method. A computer technique for estimating areal precipitation*. Agricultural Research Service. U.S. Department of Agriculture. Repport ARS-NC-8. , 1973. 30p.